

# 博士學位論文

内容の概要及び審査の結果の要旨

第2号

2009年5月

光産業創成大学院大学

はしがき

本編は学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第8条による公表を目的として、2009年3月に本学において博士の学位を授与した者の論文内容の概要及び論文審査の結果の要旨を収録したものである。

学位記番号に付した甲は学位規則第4条第1項(いわゆる課程博士)によるものであり、乙は学位規則第4条第2項(いわゆる論文博士)によるものであることを示す。

# 目 次

学位番号	学位の種類	氏 名	論 文 題 目	頁
甲第 7 号	博士(光産業創成)	岩井万祐子	起業実践を通しての農業分野での新たな光産業創成への挑戦 —光制御による高機能性作物の創出—	4
甲第 8 号	博士(光産業創成)	浦上 恒幸	高機能計測・制御技術による光産業創成—MCUによる光応用計測機器の短期開発環境の構築と応用—	7
乙第 9 号	博士(光産業創成)	田中 雅人	医療情報システム向けエキスパートシステムの開発と事業展開	10

氏名	岩井万祐子
学位の種類	博士(光産業創成)
学位記番号	甲第7号
学位授与年月日	平成21年3月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	起業実践を通しての農業分野での新たな光産業創成への挑戦 — 光制御による高機能性作物の創出—
論文審査委員	主査 東京工科大学応用生物学部教授 山本順寛 教授 鈴木鐵也 准教授 天野雅貴 准教授 太田万理

### 論文の概要

本論文は、消費者が我が国の農業に求めているのは健康を維持・増進する機能を有する作物の安全且つ安定供給にあることに着目し、光技術を用いた新しい形の農業の創成を発想し、実験データを積み重ね、起業した経緯と将来展望について纏めたものである。

著者は先ず、第1章「日本農業の現状と課題の整理」において、我が国の農業の役割と現状、課題を整理している。これまでの我が国の農業は、国土面積に限りがあることから北海道などごく例外的な地域を除き必然的に狭隘な農地で集約的な農業生産を強いられてきた。農地が狭いだけでなく、急峻かつ肥沃とは言えない農地でも農業生産を行い、生計を立てざるを得ない農家も少なくなかった。食糧供給の外国依存、それに追い打ちをかけるように我が国の農業人口の減少、高齢化が進み、ただでさえ産業としての体力が弱い農業の生産力を削ぐ方向に日本の農業は進み、食糧自給率の向上は現状では到底望むべくもないことを冷静に分析しており日本農業は産業と呼べる状況には無いと断じている。斯かる危機的状況に置かれた日本の農業を救う方策として産業構造を強化する抜本的な対策すなわち工業的発想の導入による農業構造改革の必要性を強く訴えている。さらに著者は、自らの理想的農業像を提示し、季節的変動や地域的气象変動に左右されない周年安定栽培による農産物の安定供給を可能とする新規農業技術の開発と普及の必要性を力説している。その中で新規農業技術を取り入れた新しい発想の産業としての農業の核に光技術の活用の有効性を位置づけている。

第2章、第3章においては、著者が葉野菜を材料に自ら行った基礎ならびに応用研究を通じ、農業分野への光技術適用の可能性について論じている。すなわち、光制御がサニーレタスや赤じそなどの葉野菜に含まれる抗酸化機能性成分であるポリフェノール類やアスコルビン酸の合成・蓄積に及ぼす光照射条件の影響について調べている。その結果、抗酸化機能性成分の合成・蓄積には光照射強度のみならず波長、照射タイミングなど総合的な光照射条件など複数の要因、特に紫外線による適度のストレス負荷が抗酸化成分の合成・

蓄積に大きく関与していることを明らかにしている。また、農業に於いて養分供給の重要な手段である堆肥の熟成度合いを光技術の利用により評価する技術開発についても検討した結果について記述している。

著者は、実用を視野に入れた葉野菜栽培装置の普及、葉野菜の育苗装置の開発と実証試験をも行っている。さらに、自然光を基調に人工光を補光として用いた野菜栽培技術の普及を念頭に、実用化を考慮した条件下での生産者のコスト負担など経済的視点や光照射による機能性野菜栽培の有益性、コストパフォーマンス面からの実効性、商品としての優越性について論じている。

第4章、第5章では、基礎ならびに応用研究を通じて得た知見を活用して、自ら起業実践することでLEDを使った栽培実証を行っている。この際にも農家との双方向協力関係の構築、すなわち著者と農業技術者、さらには第三次産業に携わる技術者であるシェフや一般家庭の消費者との意見交換による相互の農業技術、栽培技術の向上を図る手法を取り入れ、これにより、特に農家自身がこれまで気づけなかった農業技術者としての膨大なノウハウを引き出して体系化し、客観情報を抽出・整理し形式知として普遍化する努力を行っている。あわせて、この客観情報に基づき農業生産現場へのフィードバックや農業新規参入者への技術情報の提供などのコンサルティングサービスも視野に入れた農業の新しい新産業将来像を明確に示している。

### 審査結果の要旨

本論文では、申請者は、先ず我が国の農業の置かれている状況を冷静かつ客観的に観察、問題点を洗い出している。すなわち、狭隘な土地において旧態然たる集約型農業が行われていること、土地生産性が極めて低いこと、農業人口の減少、高齢化さらには化学肥料、農薬に過度に依存する農業形態が農業を結果的に疲弊させていることを明快に指摘し、その抜本的解決策をも提示している。また、唯単に農業生産性が低下しているだけでなく、食糧供給を過度に輸入に依存するが故に食の安全性、国家戦略としての食糧安全保障も危惧される状況が発生しており、その兆候が最近益々顕著になりつつあることを指摘している。

国家の安全は国家を形成する最小単位である国民一人一人の安全を保障することが基本である。その基本は、安全な食品を国民に供給することにある。食糧安全保障が量的観点から論じられている一方、食品の安全は、供給される食品の質的観点に重点が置かれる。我が国の国民は、永らく飽食の時代を謳歌し、故に生活習慣病ならびにその予備軍が看過出来ないほどに増加している。肥満、糖尿病、ガン、脳血管疾患、心臓病、免疫疾患などは、いずれも活性酸素・フリーラジカルが何らかの形で関わっており日常の食生活が深く関係していることが判っている。したがって食を通じての疾病予防、健康長寿社会の実現の為にも抗酸化成分に富む安全な高品質野菜の消費者への提供が重要と申請者は考えた。申請者は、抗酸化物質であるポリフェノール類、アントシアン類、アスコルビン酸含量が

高い葉野菜に着目し、人工照明の下で抗酸化物質含量を光質の制御によって高めた野菜を安定生産出来る条件を見いだした。この新知見は刮目に値するもので国内審査制論文にて社会に公開されている。また、関連情報が国際学会で発表されている。

申請者の起業実践を通しての新産業としての光農業は新たな展開を模索していた農業生産者、高機能野菜の利用を必要としていた消費者層にも働きかけるところとなり、光照射装置の試作と農業生産者によるモニタリングと双方向意見交換による更なる改良を齎す好結果を得ている。さらに農業生産者、流通関係者、食品製造業、一般消費者のニーズを引き出すだけでなく、農業技術者として農家が長年に亘って蓄積した有益な情報を申請者自らが現場での交流を通して引き出し、それを整理統合し形式知化しようとした試みは高く評価できる。申請者は、単に情報を集約するに留まらず、農家へのフィードバックを含め、その情報を必要とする農業従事者に提供するシステム作りを提案している。また、自ら新光農業の将来像についても明確なイメージを提示している。一連の起業実践の軌跡は、社会的にも高く評価され各種のメディアを通じて公知されている。また、申請者が起業したホトアグリ株式会社に対しても投資、助成金などを通しての支援が行われており、社会的評価、貢献度も高いものと評価出来ると判定した。

以上より、本論文は博士論文として十分な内容を有し、本学の学位規則、学位審査取扱細則及び学位審査取扱に関する内規の基準を満たしている。また、公開審査でのコメントに対しても適切に修正されている。

以上の結果、博士(光産業創成)の学位を授与するに値すると審査員全員の一致で判定された。

したがって、申請者 岩井万祐子は博士(光産業創成)の学位を授与されるに値すると判断した。

氏名	浦上恒幸
学位の種類	博士(光産業創成)
学位記番号	甲第8号
学位授与年月日	平成21年3月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	高機能計測・制御技術による光産業創成—MCUによる光応用計測機器の短期開発環境の構築と応用—
論文審査委員	主査 教授 瀧口義浩 教授 加藤義章 教授 八杉 哲 准教授 石井勝弘

### 論文の概要

本論文は、光応用計測技術と高機能マイクロ・コントロール・ユニット (MCU) を用いて光計測システムを短期に構築し、農林水産業を含む一般新規ニーズ市場に光応用計測技術を導入することを目指した光産業創成に関して論ずる。システム開発を行うベンチャー企業の起業実践にて要求されることは、高機能かつ顧客の現場で使用可能なシステムを早期に顧客のもとに送り出すことである。それを行う上で避けられない課題は、短期にシステム設計を行なえる環境の構築と、開発に投入できるマンパワーの不足である。本研究では、これらを乗り越えるために各種シミュレーション・ソフトを導入し、MCUを用いた開発環境の構築を進め、少ない人数でも短期に高機能光計測システムを市場に投入できるベンチャーとしての企業実践を行った。その結果、新規の高機能計測システム (テラヘルツ波計測用解析装置とマダラの雌雄判別装置など) を世界に先駆けて提案・構築し、その企業実践において独自の経営を行い、起業に関する新知見を得た。具体的には、開発の高効率化を目指し、試作機をベンチャー企業内で開発する環境を構築し、評価・改良のルーチンを高い効率で実現する環境を整えた。さらには、MCUであるプログラミング・デバイス (PIC など) を駆使して、システムのデバッグの効率を高めた。その結果として、新しい市場開拓のための装置として、テラヘルツ波計測用解析装置とマダラの雌雄判別装置の開発を行った。これらのシステム開発を発展させ、新規市場を開拓することを目指しビジネスパートナーを得た。最初に、企業から留学の立場で起業するにあたって、親元企業・大学・学生会社の関係を整理し、親元企業をビジネスパートナーとして利用できる関係を構築した。さらに、事業化のターゲットである水産業において、知識・人脈を有しているコンサルタント会社と共同して装置開発を行うなどして、新規産業化への効率向上を図った。

本論文の概要をまとめると、第1章における光応用計測技術とMCUによる新規技術提案およびビジネスの概要を述べ、第2章では、企業からの留学の立場で大学に在学しながら起業して活動を行っていくにあたり、親元企業と学生企業及び大学の関係について考察し起業の方針を立案した内容を議論した。第3章では、“付加価値”を如何に効率良く生み出していくかについて

述べた。第 4 章では、超短パルスレーザー応用の一分野であるテラヘルツ波分光応用に関して議論した。第 5 章は、これまでに培ってきた計測技術を第 1 次産業に応用したマダラ（真鱈）の雌雄判別装置の提案と結果を議論する。作業現場へ持ち出して計測を行うことができる小型で低消費電力の計測器の構築を行い、水産関係のコンサルタント会社と共同で新しいビジネスの探索を開始し、その水産応用のテーマの 1 つとして進めた。第 6 章では、起業実践の経過を述べつつ今後の展開について考察した。カーブアウト型からスピノフ型に転換していった過程について述べ、起業を実践した結果と今後の展開についてまとめた。第 7 章では、生体光計測分野の装置開発の歴史を振り返り、“イノベーションのジレンマ”と類似した技術変化についてまとめ、第 8 章では、本論文の新知見に関してまとめた。巻末には、引用した文献リストおよび謝辞と業績リストを添付し、さらに必要と考えられる技術情報などを Appendix として本論文へ付加した。

## 審査結果の要旨

### (1) 新知見度

光応用計測技術と高機能マイクロ・コントロール・ユニット（MCU）を用いて光計測システムを短期に構築し、フェムト秒レーザー応用の最先端領域から農林水産業を含む一般新規ニーズ市場にまで光応用計測技術を導入することを目指した新規光産業創成である。高機能かつ顧客の現場で使用可能なシステムを早期に、かつ、安価に顧客のもとに送り出すために、各種回路シミュレーション・ソフトを導入し、MCU を用いた開発環境の構築を進め、少ない人数でも短期に高機能光計測システムを市場に投入できるベンチャーとしての新規な企業実践を行った。その結果、価格破壊を伴う新規の高機能計測システム（テラヘルツ波計測用解析装置とマダラの雌雄判別装置）を世界に先駆けて提案・構築し、テラヘルツ波計測に関しては、学術的にも新規性があり、論文掲載に至った。また、派遣元企業とは異なる新規産業ニーズを掘り起こし、水産関係コンサルタント企業と連携し技術シーズを水産業に展開するなど、その企業実践において独自の経営を行い、起業に関する新知見を得ている。

### (2) 社会貢献度について

MCU であるプログラミング・デバイス（PIC など）を駆使して、光計測システムのデバッグの効率を高めた結果として、新しい市場開拓のためのテラヘルツ波計測用解析装置とマダラの雌雄判別装置の開発を行った。これらのシステムを新規市場の現場に導入すべく、従来装置に比較して十分な機能を有するシステムを安価に提供できる環境を構築した。また、さまざまなビジネスパートナーを得て、社会活動としての企業実践を進めるネットワークを作り上げている。その結果として、光応用技術が普及していないがために産業が停滞、あるいは産業の付加価値が上がらない産業分野に新たなシーズ技術の提供が可能となった。人的ネットワークとともに、農林水産業へのビジネス展開は、今後の少子高齢化社会への



貢献も十分に得られるものと考える。

### (3) 経営実績、ビジネスプランについて

本論文の申請者は(株)我楽を起業し、光応用計測技術と高機能マイクロ・コントロール・ユニット (MCU) を用いて光計測システムを短期に開発し、新規市場に投入するビジネスプランを構築し、市場のニーズを解析した。その結果に基づき、テラヘルツ波計測用解析技術とマダラの雌雄判別技術を用いた新規技術手法を提案・特許化した上で、それらの技術的可能性証明と起業を達成した。

### (4) 学術 ・ 技術業績

フェムト秒レーザー応用の一分野であるテラヘルツ波分光応用に関しても、カーブアウト企業として親元企業と連携してビジネス化を検討し、小型で安価なテラヘルツ波検出用解析装置の開発を実際に行ない、世界的に優れた産業装置開発がなされたことを示した。本申請においては、入学以降の著書または査読付き学術論文は和文にて1編ある。入学以前も光応用計測技術に関して密接な関連のある学術論文が1編以上数えられる。

以上より、本論文は博士論文として十分な内容を有し、本学の学位規則、学位審査取扱細則及び学位審査取扱に関する内規の基準を満たしている。また、公開審査でのコメントに対しても適切に修正されている。

以上の結果、博士(光産業創成)の学位を授与するに値すると審査員全員の一致で判定された。

したがって、申請者 浦上恒幸は博士(光産業創成)の学位を授与されるに値すると判断した。

氏名	田中雅人
学位の種類	博士(光産業創成)
学位記番号	乙第9号
学位授与年月日	平成21年3月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	医療情報システム向けエキスパートシステムの開発と事業展開
論文審査委員	主査 教授 後藤俊夫 教授 松田浄史 准教授 石井勝弘 (独)産業技術総合研究所客員研究員 小鍛冶繁

### 論文の概要

本論文の目的は、診療現場に対する「知的支援」と「人の知恵やノウハウを蓄積・継承」を特徴とするエキスパートシステム「知識繰り返し組織化システム (KIOS)」の開発、それを放射線情報システムに適応したシステム利用者への知的支援機能をもつ KIOS-RIS システムの開発、KIOS を用いた画像診断教育用 e-Learning システムの開発、KIOS-RIS の製品化、ならびに上記をふまえた光産業における起業の実践である。

第2章では、医療情報システムへの応用という視点から人工知能技術について検討を行っている。その結果、エキスパートシステムのひとつである事ベース推論が医療情報システムへの応用に対して技術的に親和性が高いという結論を得ている。

第3章では、事例ベース推論を用いて開発した知識繰り返し組織化システム (Knowledge Iterative Organizing System : 以下、KIOS) の開発を行っている。KIOS エクスパートシステムの特徴は、事例を表現する知識表現モデルに非マルコフ過程を取り入れたことと、事例ベースを利用する推論機構として柔軟な検索方法や双方向推論、事例拡張機能、適応的組織化機能などを実装し医療行為をプロセスとして扱うことを可能にした点である。さらに、KIOS エクスパートシステムの実現性と効果を確認する目的でテストシステムを開発し、KIOS エクスパートシステムの効果を明らかにしている。

第4章では、KIOS エクスパートシステムを放射線情報システムへ適応し「知的支援」の実現を行なっている。実際の臨床利用にあたっての事例ベースのデータ構造や推論機構の実装を考慮したシミュレーションによるテストを行い、KIOS エクスパートシステムによってシステム全体を動的に制御できシステムに「多様性」を実装できたこと、レスポンスは臨床上問題ないレベルにあり「確実性」と「即時性」と共存できたことを示している。

第5章では、KIOS エクスパートシステムを利用した「人の知恵やノウハウを蓄積・継承」することを目的に、進歩的な画像診断教育を実践している大学医学部の教育内容を例に、KIOS エクスパートシステムを用いた e-Learning システムの開発を行っている。KIOS

エキスパートシステム導入の利点は、利用者（学生）の到達度に応じた柔軟なシステム応答を、簡単なコンテンツ作成で実現できたことである。

第 6 章では、KIOS エクスパートシステムを医療情報システム分野に展開し、事業実践を行なった結果について考察している。まず、起業から 3 年目に至るまでの事業実践と経験について時系列的に述べ、さらに経験した事象について経営学的な観点で分析し、その結果として事業を推進する上で重要な項目が、イノベーションの担い手、顧客連鎖、競争力の強化、多様なニーズに対するシーズの適用、コーポレートガバナンス、さらに事業運営を根幹で支える存在として経営理念を述べ、現場知を基底とする各要素間の有機的関係を指摘している。最後に KIOS エクスパートシステムによる将来展望について述べている。

第 7 章では、本論文の結論を、技術的見地、経営的見地からまとめている。

### 審査結果の要旨

本論文では、医療情報システムへの親和性が高い KIOS エクスパートシステムを新しく開発し、さらにその事業化を図っている。まず、技術的側面では、その性能的特徴は、診療現場に対する「知的支援」と「人の知恵やノウハウを蓄積・継承」である。技術的特徴は、事例ベースを構成する知識モデルとして、非マルコフ過程に対応する、重みを持ったネットワーク型データ構造を採用したこと、および会話的な利用で事例ベースの重みを変更し、新しいネットワークが自動的に組み込まれる機能を持っていることである。このエキスパートシステムは簡単な事例ベースと推論機構で構成されており、非常に高速で実利用に適している。このような新しいエキスパートシステムの意義は大きい。

また、KIOS エクスパートシステム放射線情報システムに適応した KIOS-RIS を新たに開発している。これまでの RIS はマスターファイルによって制御されているため、例外状況において医療スタッフを適切に支援することができなかったが、KIOS-RIS が現行システムにおけるマスターファイルの役割を果たすことで、例外状況における個々のスタッフに適応した支援や医療安全への寄与を可能にした。この医療情報システムは「知的支援」機能としての「多様性」を実現し、実利用に十分な「確実性」および「即時性」も持っている。このような放射線情報システムはこれまでに存在せず、その開発の意義は非常に大きい。

さらに、KIOS を用いた画像診断教育用 e-Learning システムも開発した。この e-Learning システムは医学生の到達度に応じた支援を提供し、会話的で知的な e-Learning システムである。これは、新しい e-Learning へとつながる可能性を有している。

一方、事業化の側面では、自ら起業し、KIOS エクスパートシステムを利用した製品を市場に投入した結果、3 期目に単年度黒字を実現しており、その経営的成果は大きい。また将来的には医療分野全般のみならず金融・安全・通信・電力など広範なビジネス展開が展望されている。これは、著者が起業した企業の将来性だけでなく、新しい産業創成の可能

性を示唆しており、社会的貢献としても重要な意義を有している。

経営面の成功要因分析において、著者は第 1 に顧客連鎖という概念を導入したうえで、市場ニーズと技術シーズの融合を多層的・相補的な存在として明示した。第 2 に、自らの起業における試行錯誤と克服の実践経過を総括して、経営理念を根幹とする理念経営の重要性を強調している。第 3 に、これらにコーポレートガバナンスなどを加えた 6 つの要素の有機的結合を指摘している。3 点とも自らの起業実践に立脚し抽出した知見として有用性が高いと認められる。

著者の起業実践の最大の成果は上述した技術面と経営面の融合にあり、本論文では両者を孤立的関係ではなく、現場知を基底で共有する融合関係として指摘している。KIOS エキスパートシステムの開発が永年の現場経験を基としているだけでなく、市場開拓、「多様性」ニーズへの対応など日常的な事業運営においても現場知を駆使した技術面と経営面の相互融合の重要性を成功要因として指摘している点は、光産業創成における普遍性を有する知見として重要と認められる。

以上より、本論文は博士論文として十分な内容を有し、本学の学位規則、学位審査取扱細則及び学位審査取扱に関する内規の基準を満たしている。また、公開審査でのコメントに対しても適切に修正されている。

以上の結果、博士(光産業創成)の学位を授与するに値すると審査員全員の一致で判定された。

したがって、申請者 田中雅人は博士(光産業創成)の学位を授与されるに値すると判断した。